

I-321 断面比の小さい振動矩形柱の変動圧力

九州大学応用力学研究所 正会員 平田勝哉 同 中村泰治 深町信尊

1. はじめに 本研究では、断面比 (d/h) (図1を参照) の小さい振動矩形柱について、物体側面上の数点で非定常圧力測定を行うことにより、渦共振域を含む広範囲な領域の励振特性を調べる。

2. 実験方法 実験に用いた風洞は、測定部が縦×横×長さ = 3 m × 0.7 m × 2 m の吹出型である。風洞内には、スパン長 70 cm, $d/h = 0.4$ または 0.6 の2種類の矩形柱モデルを置いた。モデルの断面と圧力測定点は図1の通りである。風洞外の加振装置により、モデルを振幅 0.1 h、振動数 $f = 6$ Hz で流れに直角方向に強制振動させ、その際に非定常圧力を測定した。風速 $U = 2.5 \sim 10$ m/s であり、無次元風速 $\bar{U} (= U/fh) = 2.8 \sim 11.1$ となる。非定常圧は平均圧 (\bar{p}) と変動圧 (p') とに分けて解析した。ここで、

- ・変動圧係数: $C'_{pf} = |p'f| / \frac{1}{2} \rho U^2$ ($|p'f|$ は 6 Hz 成分の振幅)
- ・放出渦に起因する変動圧係数: $C'_{ps} = |p's| / \frac{1}{2} \rho U^2$ ($|p's|$ は ストローハル数成分の振幅)
- ・ p' (負圧; +) の 6 Hz 成分の変位 (上方; +) に対する位相差: ϕ
- ・①番孔 (図1) の平均圧係数: $C_{p①} = \bar{p} / \frac{1}{2} \rho U^2$ (\bar{p} は ①番孔の平均圧、 $C_{p①}$ 等も同様に定義)

3. 実験結果 図2、4、6には $d/h = 0.4$ のモデルの①番孔についての結果を、図3、5、7には $d/h = 0.6$ のモデルの①番孔についての結果を、各々の断面の代表例として示した。

4. 平均圧 図2、3は \bar{U} に対する $C_{p①}$ 、 $C_{p①}$ の変化を示す。 $C_{p①}$ 、 $C_{p①}$ ともに、各々の断面の平均背圧係数 (文献1を参照) の変化によく似ている。つまり共振風速 (\bar{U}_{cr}) より低風速側にピークが存在し (図2、3中に矢印で示す)、その位置がよく一致している。更に \bar{U}_{cr} 付近を越えて高速側に向かうにつれて、静止時の値に漸近している。もっとも \bar{U}_{cr} 付近では少し違いが現れている。すなわち、 $d/h = 0.4$ ではピークが鈍くなっているし、 $d/h = 0.6$ では C_{pb} はなだらかに変化するだけだが $C_{p①}$ では共振によると思われる変化が現れている。以上の傾向は、側面上の他の測定点でも同様であった。

5. 変動圧 図4、5には \bar{U} に対する C'_{pf} の変化を、図6、7には \bar{U} に対する ϕ の変化を示す。 $d/h = 0.4$ と 0.6 の断面ではよく似た変化を示している。つまり、各断面とも \bar{U}_{cr} 付近で C'_{pf} の急増と ϕ の急変に典型的線形共振の特性がみられるのである。この傾向も側面上の他の測定点で同様であった。 $d/h = 0.4$ と 0.6 の違いは風速域 A (図6、7中に示す) で特徴的である。 $d/h = 0.4$ については、①番孔で全域にわたって ϕ が不安定な領域 ($0^\circ \sim 180^\circ$) にある。測定点が後縁に近づくにつれて、圧力回復 (非定常で考えて) の為、 ϕ の値は下がっていく。しかし A 内の高風速側ではそれでも側面全面にわたって ϕ が不安定領域にあるので励振が発生する。逆に A 内の低風速側では、 $\phi < 0^\circ$ となる地点が後縁から発達してきて、側面全体でみると励振は起こらない。一方 $d/h = 0.6$ では、測定点が前縁から後縁に近づくにつれて、圧力回復の影響は大きく、風速域 B の全域で $\phi < 0^\circ$ となる。従って B の全域でも側面全体では正減衰となる。以上で述べた変動圧の特性は、非定常揚力測定の結果とよく一致している (文献1を参照)。

図4、5で特に注目される事実は、 C'_{ps} (図中、破線で示す。) の挙動が $C_{p①}$ 、 $C_{p①}$ のそれによく似ていることである。つまり、 $d/h = 0.4$ では \bar{U}_{cr} より低風速側にピークがあり (図2、4中、矢印で示す。)、その位置がほぼ等しい。 $d/h = 0.6$ でも同様である (図3、5中、矢印で示す。)。また $d/h = 0.4$ 、 0.6 共に、 \bar{U}_{cr} を越えて高風速側に向かうにつれて、静止時の値に漸近している。なお、このことも他の測定点で全く同様であった。

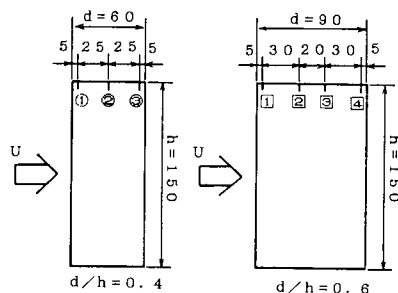


図1 モデルの断面 (単位: mm)

5. まとめ ・共振時に変動揚力で見られた渦励振の線形共振特性は、表面変動圧についても側面の全ての点で確認できる。 $d/h=0.4$ では \bar{C}_r よりも低風速域で弱い励振の発生することも確認できた。
 ・変動圧のストローハル数成分は各断面での平均圧の挙動によく似ている。
 (参考文献1 Y.Nakamura & T.Matsukawa:JFM(1987),vol180,pp.171-191)

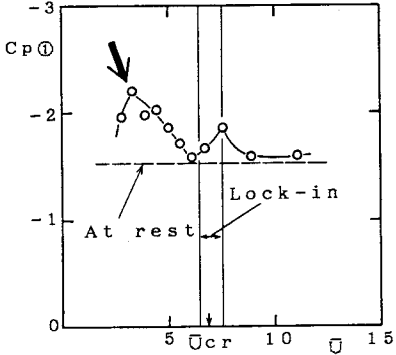


図2 側面での平均圧係数 ($d/h=0.4$, ①番孔)

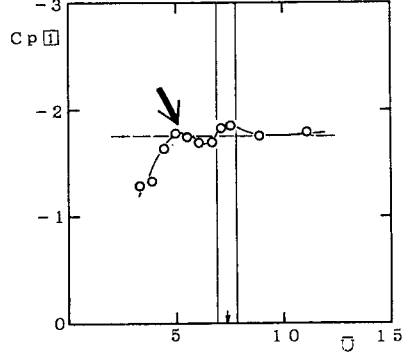


図3 側面での平均圧係数 ($d/h=0.6$, ①番孔)

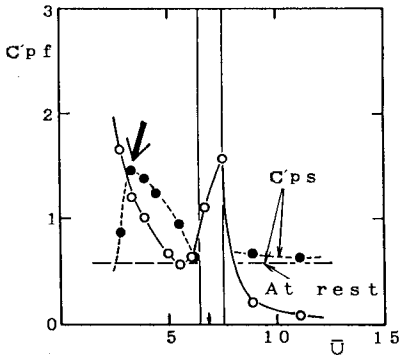


図4 変動圧係数 ($d/h=0.4$, ①番孔)

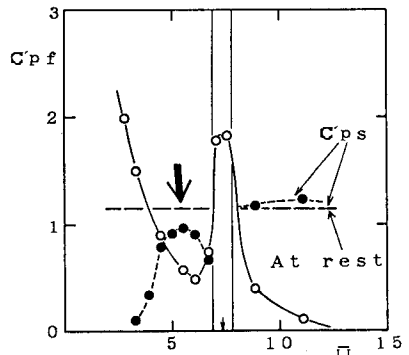


図5 変動圧係数 ($d/h=0.6$, ①番孔)

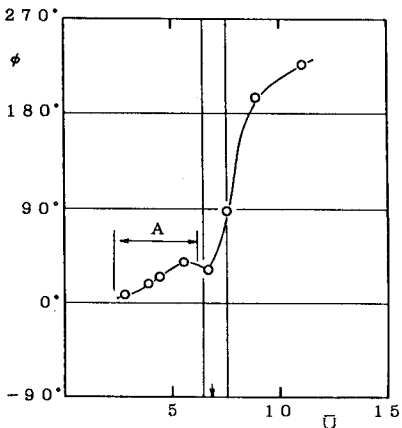


図6 変動圧の変位との位相差 ($d/h=0.4$, ①番孔)

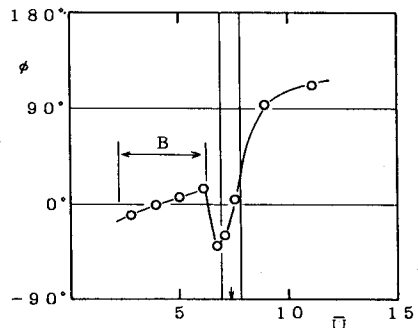


図7 変動圧の変位との位相差 ($d/h=0.6$, ①番孔)